

Santra Väyrynen

KIINTEÄT KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN
HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUKSEN YLLÄPIDOSSA

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2017

KIIINTEÄT KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUKSEN YLLÄPIDOSSA

Väyrynen, Santra
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2017
Sivumäärä: 39
Liitteitä: 2

Asiasanat: kiinteistönhallinta, kosteusmittaus, kosteuden hallinta, suhteellinen kosteus

Opinnäytetyön aihe syntyi Porin kaupungin kiinnostuksesta tutkia erilaisia kiinteitä kosteusmittausjärjestelmiä ja niiden pitkän tähtäimen hyötyjä kiinteistöjen ylläpidossa. Suomessa vastaavia kosteusmittausjärjestelmiä on alettu vasta muutama vuosi sitten ottaa käyttöön rakentamisessa. Porin kaupungin työmailla tällaisia järjestelmiä on ollut käytössä vasta parin vuoden ajan.

Paljon viime vuosien aikana tapetilla olleet kosteus- ja homeongelmat ovat huomattavasti lisänneet kiinteistöjen kosteudenseurannan tarvetta sekä rakennusaikana että rakennuksen käytön aikana. Kosteusvauriot johtuvat kosteuden, lämpötilan, ravintoaineksen ja eliöiden riittävän pitkästä yhteisvaikutuksesta rakenteessa. Näistä vain kosteutta pystytään käytännössä kontrolloimaan, joten kosteuden hallinta ja sen jatkuva seuranta ovat erittäin tärkeässä roolissa homevaurioiden ehkäisyssä.

Työssä esiteltiin kolmea erilaista kosteuden mittaus- ja seurantamenetelmää sekä niiden toimintaperiaatetta. Pääasiassa tutkittiin kuitenkin RF SensIT Oy:n ja Wiiste Oy:n kosteudenseurantajärjestelmiä. RF SensIT Oy:n järjestelmää käytiin läpi esimerkki-kohteen avulla, jossa kyseinen järjestelmä on ollut käytössä vuodesta 2015.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia erilaisia tapoja hyödyntää kiinteitä kosteusmittausjärjestelmiä kiinteistön ylläpidossa. Suomessa vastaavia kosteudenmittausjärjestelmiä on vasta muutama vuosi sitten alettu ottaa rakentamisessa käyttöön, joten järjestelmien kaikkia hyötyjä ei välttämättä vielä kovin laajasti tunneta.

Työ sisältää tilaajan luottamuksellista materiaalia. Osio on toimitettu tilaajalle erillisenä liitteenä.

FIXED MOISTURE MEASURING SYSTEMS AND UTILIZATION OF THOSE SYSTEMS IN MAINTENANCE OF A PUBLIC BUILDING

Väyrynen, Santra

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

June 2017

Number of pages: 39

Appendices: 2

Keywords: real estate management, moisture measurement, moisture controlling, relative humidity

The subject of this thesis was brought up by the City of Pori, who were interested in fixed moisture measuring systems and what were the benefits of those systems in maintenance of a public building. There are only few systems like these used in Finland. Those systems are not more than five years old. City of Pori has had these systems in use for only about two years.

Considerably increased moisture and mold damages in buildings have raised the need of regular moisture monitoring and controlling. Moisture controlling should be carried out over time of construction but also in maintenance of the building. Moisture and mold damages are results from moisture, temperature, nutritious substance and organisms that have affected together in a structure too long. Moisture is the only thing that can be controlled, therefore moisture controlling and continuous moisture monitoring are very important parts of prevention of mold damages.

This thesis introduced three different moisture measuring and moisture monitoring systems and illustrated operational principles of those systems. The main focus was on the systems of RF SensIT Ltd and Wiiste Ltd. The system of RF SensIT Ltd was examined through an example of a property, where this system have been in use since 2015.

The purpose of this thesis was to research how fixed moisture measuring systems could be utilized in maintenance of a public building. In Finland (and probably elsewhere), these kind of systems are quite new thing and have only been in use for a few years. Therefore all the benefits of these systems may not be too widely known.

Thesis includes confidential information. This part is submitted to the subscriber as a separate attachment.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KOSTEUS	7
2.1	Kosteus betonissa	7
2.2	Liiallisen kosteuden vaikutukset rakenteisiin ja rakennusmateriaaleihin	8
2.3	Lait, asetukset, säädökset.....	9
2.3.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999	9
2.3.2	Suomen Rakentamismääräyskokoelma C2 /1998.....	10
2.3.3	Terveysturvallisuuslaki 763/1994.....	10
2.3.4	Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015	11
3	KOSTEUSONGELMAT JA –VAURIOT	12
3.1	Vaurioiden syntyminen	12
3.2	Syitä home- ja kosteusongelmiin	12
3.2.1	Rakennusratkaisujen, materiaalien ja tekniikan muutos.....	12
3.2.2	Käyttötapojen muutos	13
3.2.3	Putkivuodot ja vedeneristysten puutteellisuus.....	13
3.2.4	Suunnittelun ja rakennusajan puutteellinen kosteuden kokonaishallinta	13
3.2.5	Käytön ja ylläpidon puutteet.....	14
4	KOSTEUDENHALLINTA	15
4.1	Kosteudenhallinnan tavoitteet.....	15
4.2	Kosteudenhallinnan toteutus.....	16
4.3	Kosteuden mittaus ja seuranta	16
4.3.1	Mittausmenetelmät.....	17
4.3.2	Betonin kuivumisen seuranta.....	17
5	KIINTEÄT KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMÄT	19
5.1	Vigilan Oy	19
5.2	Wiiste Oy	20
5.3	RF SensIT Oy	21
6	ESIMERKKIKOHDE PORIN SUOMALAINEN YHTEISLYSEO.....	22
6.1	RF SensIT Oy	22
6.2	CMM -kosteusmittausjärjestelmä	23
6.3	Asennus – anturimoduuli ja tukiasema	24
6.4	Mittausjärjestelmän seurantaohjelmisto	27
6.5	Rakennus-/korjaustyön aikainen käyttö	28

6.6	Kohteen esimerkkikuvaajat seurantaohjelmistosta	28
6.7	Järjestelmän luotettavuus.....	29
7	KIINTEIDEN KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMIEN MAHDOLLISET ONGELMAT JA RISKIT.....	30
7.1	Yleiset epävarmuustekijät.....	30
7.2	Tekniset viat.....	30
8	KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUKSEN YLLÄPIDOSSA.....	32
8.1	Vuotokohtien havaitseminen	32
8.2	Terveyshaittojen ehkäisy	32
8.3	Käyttötapojen muutos ja tekniikan oikeanlaiset säädöt	33
8.4	Säästöt sekä käyttäjien terveydentilassa että kustannuksissa	34
8.5	Lopuksi.....	35
9	YHTEENVETO.....	36
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Muutaman viime vuoden aikana on noussut esille rakennusten rajusti lisääntyneet kosteus- ja homeongelmat. Niiden myötä esille on noussut vakavat terveydelliset ongelmat, joita rakenteiden kosteuden aiheuttamat homeet ja mikrobit aiheuttavat rakennuksen käyttäjille. Syy näihin ongelmiin on yleensä rakenteiden liiallinen kosteus sekä otollinen lämpötila epäpuhtauksien synnylle. Kosteutta ei yleensä havaita heti sen muodostumisen jälkeen, vaan se voi muhia rakenteissa vuosienkin ajan. Koska kosteus on home- ja mikrobivaurioiden ainoa aiheuttaja mihin voidaan puuttua, rakennusten kosteudenseurantaan onkin syytä kiinnittää jatkuvaa huomiota, jotta kosteudesta aiheutuvat ongelmat ja vauriot voidaan tehokkaasti ennaltaehkäistä.

Opinnäytetyössä käsitellään kiinteitä kosteusmittausjärjestelmiä ja niiden hyödyntämistä rakennuksen käytönaikaisessa kosteudenseurannassa. Kiinteä kosteusmittaus tarkoittaa jatkuvaa ja/tai automaattista mittausjärjestelmää, jossa kosteusmittari (anturi tms.) on asennettu pysyvästi rakenteen sisään. Kun kosteudentunnistin jätetään pysyvästi rakenteeseen, mahdollistaa se kiinteistön helpon ja tehokkaan kosteudenseurannan myös vuosia käyttöönoton jälkeen. Työssä käsiteltävät kosteusmittausjärjestelmät on tarkoitettu betonin kuivumisen seurantaan, ja niitä voidaan käyttää sekä uudis- että korjausrakentamisessa.

Opinnäytetyössä esitellään kosteuden säännölliseen seurantaan kehitettyjä kiinteitä kosteusmittaus- ja kosteudenseurantajärjestelmiä ja niiden toiminnallisia eroja. Esi- merkkijärjestelmän avulla on kerrottu enemmän RF SensIT Oy:n Aalto-yliopiston kanssa kehittämästä jatkuvasta kosteusmittaus- ja seurantajärjestelmästä. Työssä perehdytään tarkemmin järjestelmän toimintaperiaatteeseen ja kerrotaan perusteellisemmin järjestelmän asennuksesta, tekniikasta ja seurantaohjelmistosta. Vastaavia järjestelmiä on Suomessa alettu ottaa käyttöön vasta 2010-luvulla.

Työn tavoitteena on löytää järjestelmille erilaisia jatkokäyttömahdollisuuksia rakennusaikaisen käytön jälkeen ja pohtia, miten muutoin tällaisista järjestelmistä olisi hyötyä kiinteistön ylläpidossa.

2 KOSTEUS

”Kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä muodossa.” (Merikallio, T. 2009, XI)

Kosteutta on ilmassa ja erilaisissa materiaaleissa – joka paikassa ympärillämme. Rakentamisen yhteydessä kosteudesta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä rakennuskosteutta, joka tarkoittaa rakenteisiin tai rakennusaineisiin valmistuksen, varastoinnin tai rakentamisen aikana kerääntynyttä, tasapainokosteutta suurempaa kosteusmäärää. (Siikanen, U. 2015, 78)

Liiallinen kosteus, joka ei pääse rakenteista riittävän nopeasti pois, voi muodostaa suotuisat olosuhteet mikrobikasvustolle ja muille epäpuhtauksille. Nämä voivat aiheuttaa rakenteiden ja pintamateriaalien vaurioita, sekä sisäilmaongelmia ja terveyshaittoja rakennuksen käyttäjille. (RIL 250-2011, 151)

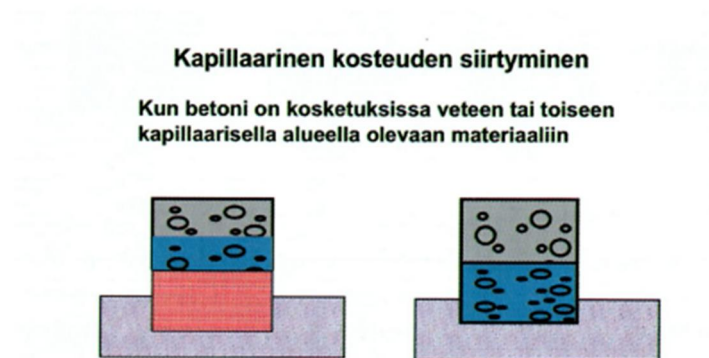
Rakentamista koskevissa laeissa ja määräyksissä onkin esitetty vaatimukset, joiden mukaan rakennustyö tulee suorittaa, jotta se on kosteusteknisesti katsottuna turvallinen sekä käyttäjille että ympäristölle.

2.1 Kosteus betonissa

Betonirakenteessa on itsessään aina tietty määrä kosteutta. Pääosin kosteus johtuu betonin valmistamiseen käytetystä runsaasta vesimäärästä, mutta kosteutta pääsee betonirakenteeseen myös vesi-, lumi- ja räntäsateiden seurauksena sekä erilaisten vesivahinkojen yhteydessä. (Merikallio, T. 2009, 11)

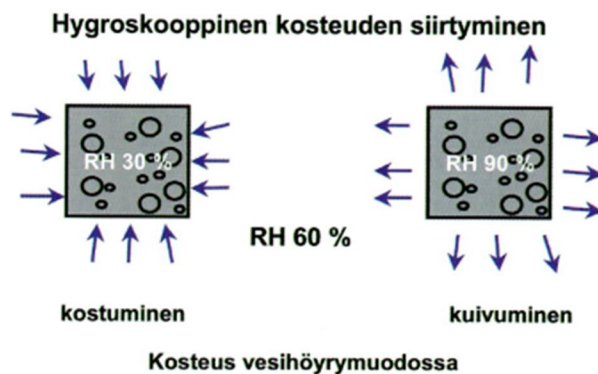
Kun puhutaan yleisesti betonirakenteen kosteudesta, tarkoitetaan betonin suhteellista kosteutta. Betonin suhteellinen kosteus tarkoittaa betonihuokosten ilmatilan vesihöyrymuodossa olevaa suhteellista kosteutta. Suhteellinen kosteus (RH = relative humidity) ilmoitetaan prosentteina (RH %).

Betonirakenteet voivat saada kosteutta kapillaarisesti maaperästä, eli ns. imemällä ja siirtämällä vettä itseensä ollessaan kosketuksissa veden tai muun kostean materiaalin kanssa. Kapillaari-ilmiötä voisi verrata talouspaperin palaan, joka kostutetaan alareunasta, ja alkaa näin imeä kosteutta itseensä ja tämän myötä kosteus nousee paperissa ylemmäs.



Kuva 1. Kapillaari-ilmiö betonissa. (Merikallio, Niemi & Komonen 2007, 17)

Kun ilman suhteellinen kosteus nousee, voi betoni myös sitoa itseensä kosteutta ympäröivästä ilmasta, jolloin puhutaan hygroskooppisuudesta. (Merikallio ym. 2007, 17)



Kuva 2. Vesihöyrymuodossa olevan kosteuden sitoutuminen betoniin ja luovuttaminen takaisin ilmaan. (Merikallio ym. 2007, 17)

2.2 Liiallisen kosteuden vaikutukset rakenteisiin ja rakennusmateriaaleihin

Liian suurella kosteudella on lukuisia haittavaikutuksia itse rakenteisiin ja rakennusmateriaaleihin. Ongelmat voivat ilmetä seuraavilla tavoilla:

- puurakenteet lahoavat ennen aikojaan
- kivirakenteet kärsivät pakkasvaurioita
- lämmöneristeiden eristyskyky heikkenee
- teräsrakenteet ruostuvat

(Björkholtz, D. 1997, 8)

Kosteus esimerkiksi betonirunkorakenteissa aiheuttaa vaurioita myös pintamateriaaleissa:

- laattalattian halkeilua ja keraamisten laattojen irtoamista
- parketin turpoamista
- muovimaton ja muiden päällysteiden kupruilua ja värjäytymistä
- epoksi- ja polyuretaanipohjaisten pinnoitteiden tartunnan heikentymistä
- rappauksen, maalien ja tasoitteiden hilseilyä

(Merikallio, T. 2009, 19-20)

2.3 Lait, asetukset, säädökset

Rakentamista ohjailevat monet eri lait, säädökset ja ohjeet. Yleisestä turvallisuudesta, terveellisyydestä ja käyttökelpoisuudesta on säädetty maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999). Rakennusten kosteuteen ja terveyteen liittyviä lainsäädäntöjä ja asetuksia on muun muassa Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa C2 (Suomen RakMK C2 1998), terveydensuojelulaissa (763/1994, TsL) sekä Ympäristöministeriön asetuksessa rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä (YMa 216/2015).

2.3.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999

Lakien, säännösten ja asetusten yleisenä tavoitteena on opastaa rakentamista ja alueiden käyttöä niin, että se edistää kestävästä kehitystä niin ekologisesti, taloudellisesti, kulttuurisesti kuin sosiaalisestikin. Niillä pyritään myös luomaan edellytykset hyvälle elinympäristölle. (MRL 132/1999, §1)

Maankäyttö- ja rakennuslain 166. pykälän mukaan rakennus ja sen ympäristö tulee pitää sellaisessa kunnossa, että se täyttää poikkeuksetta turvallisuuden, terveellisyyden

ja käyttökelpoisuuden vaatimukset, eikä aiheuta haittaa ympäristölle. (MRL 132/1999, §166)

2.3.2 Suomen Rakentamismääräyskokoelma C2 /1998

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa C2 ohjaa rakentamista kosteudesta johtuvien haittojen ja vaurioiden välttämiseksi:

”Rakennus on suunniteltava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai sen naapureille hygieni- tai terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöajan ajan.” (RakMK C2. 1998)

Rakennuksen ja rakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta Rakentamismääräyskokoelma velvoittaa seuraavaa:

”Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeudu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä.” (RakMK C2. 1998)

2.3.3 Terveysuojelulaki 763/1994

Lain 1. pykälä määrittelee lain tarkoituksiksi sekä väestön että yksilön terveyden ylläpitämisen ja edistämisen, sekä pyrkimyksen ennalta ehkäistä, vähentää ja kokonaan poistaa ne tekijät, jotka voivat aiheuttaa käyttäjille terveyshaittaa. Terveyshaitalla tarkoitetaan ihmisellä todettavaa sairautta tai muuta terveyshäiriötä, tai sellaista tekijää, joka vähentää henkilön elinympäristön terveellisyyttä. (TSL 763/1994, §1)

Terveysuojelulain nojalla säädetty Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (545/2015) määrää huoneilman kosteudesta seuraavasti:

”Huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä.” (STMa 545/2015, §5)

2.3.4 Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä velvoittaa, että rakentamisen aikaiseen kosteudenhallintasuunnitelmaan sisällytetään tieto siitä, miten rakennusosat sekä rakennusaineet ja –tuotteet suojataan sään ja työmaan olosuhteista aiheutuvilta haittavaikutuksilta. Lisäksi suunnitelmaan tulee merkitä tieto toimenpiteistä, joilla kosteudensuojaus toteutetaan ja rakenteiden riittävä kuivuminen varmistetaan. (YMa 216/2015, §15)

Kosteusvaurion korjaus- tai muutostyön ollessa kyseessä, on korjaussuunnitelmaan esitettävä toimenpiteet, joilla poistetaan kosteusvaurion aiheuttama haitta ja sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin. (YMa 216/2015, §16)

3 KOSTEUSONGELMAT JA –VAURIOT

3.1 Vaurioiden syntyminen

Rakennusten mikrobi- ja homevaurioiden syy on aina rakenteiden liiallinen kosteus. Mikrobikasvuston (mm. home- ja lahottajasienet sekä bakteerit) ja muiden epäpuh-
tauksien synnylle otolliset olosuhteet syntyvät, kun kosteuden lisäksi lämpötila, ravin-
toaines ja tarvittavat eliöt vaikuttavat rakenteessa riittävän pitkään. Myös rakennusma-
teriaali vaikuttaa osaltaan ongelmien kehittymiseen, mutta suurin merkitys on kuiten-
kin kosteuden ja lämpötilan yhteisvaikutuksella ja niiden vaikutusajalla. (RIL 250-
2011, 152)

3.2 Syitä home- ja kosteusongelmiin

Rakennuksissa on koko historian ajan esiintynyt kosteusongelmia ja –vaurioita.
Mahdollisia syitä nykypäivänä huomattavasti lisääntyneisiin ongelmiin on useita. (RIL
250-2011, 14)

3.2.1 Rakennuseratkaisujen, materiaalien ja tekniikan muutos

Ensinnäkin rakennusmateriaalit ja rakennuseratkaisut ovat kehittyneet huomattavasti
1900-luvun loppupuoliskolla. Aiemmin käytetyt rakenteet, kuten massiivitiili-, kevyt-
betoni- ja hirsiseinä, olivat uusia monikerrosrakenteita yksinkertaisempia ja helpom-
min hallittavia. Uudemmat rakennuseratkaisut ovat myös selkeästi herkempiä suunnit-
telu-, rakennus- ja käyttövirheille.

Muutokset ilmanvaihtotekniikassa ovat osaltaan lisänneet kosteusvaurioiden riskiä.
Aiemmin käytetyn painovoimaisen ilmanvaihdon sijaan on alettu suosimaan koneel-
lista poisto- ja tuloilmanvaihtojärjestelmää. Koneellisten järjestelmien käyttö ja yllä-
pito on vaativampaa, joten kokemattoman käytön seurauksena voi olla rakenteisiin
kohdistuvia turhia kosteusrasituksia. (RIL 250-2011, 14)

3.2.2 Käyttötapojen muutos

Olennainen vaikutus on myös rakennuksen käyttötapojen ja käyttötarkoitusten muutoksilla. Nykypäivänä peseytyminen, saunominen, pyykin pesu ja kuivatus ym. ovat siirtyneet erillisistä piharakennuksista asumistiloihin. Tämä lisää huomattavasti asuintilojen rakenteiden kosteusrasitusta. Kellarivarastoja on alettu ottaa asumiskäyttöön huolehtimatta riittävästä toimenpiteistä kosteuden poistamiseksi. Tämän vuoksi rakennuksen vaipan, rakenteiden ja ilmanvaihdon yhteistoiminta ei ole tasapainossa kosteusrasitusten kanssa. Lisäksi huoltotoimenpiteiden laiminlyönti altistaa rakennusta turhille vaurioille.

Suomessa on myös alettu ottaa käyttöön tonttimaita, joiden kosteusolosuhteet ovat epäedulliset. Tällaisille tonteille rakennettaessa olisikin syytä kiinnittää tarkkaa huomiota piha-alueen suunnitteluun ja rakenteiden kosteudenkestävyyden saavuttamiseen. (RIL 250-2011, 14-15)

3.2.3 Putkivuodot ja vedeneristysten puutteellisuus

Yksi syy rakennusten kosteusvaurioihin on myös vesi- ja viemäri- sekä lämmitysputkien vuodot. Koska putkistot ovat usein rakenteiden sisällä, voi vesivuodon havaitsemiseen kulua pitkiäkin aikoja. Vesivuoto on voinut jatkua rakenteen sisällä pitkäänkin, jolloin suuri kosteus rakenteissa ja riittävä lämpötila saavat aikaan otolliset olosuhteet vaurioiden muodostumiselle. Lisäksi puutteellisesti tehdyt vedeneristykset voivat johtaa siihen, että vesi valuu rakenteiden sisään pääsemättä sieltä riittävän nopeasti pois. (Sisäilmayhdistys, www-sivut 2017)

3.2.4 Suunnittelun ja rakennusajan puutteellinen kosteuden kokonaishallinta

Ongelmien epäsuora syy voi kuitenkin olla rakennushankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa. Piileväksi jäänyt rakennusaikainen kosteus.

Luonnollisesti rakennukset ja rakenteet väistämättä kuluvat ajan myötä, ja oman kosteusrasituksensa hyviinkin rakennusmateriaaleihin tuo voimakkaat sään vaihtelut. (RIL 250-2011, 13-14)

Kosteusongelmia syntyy, jos kosteuden olosuhdehallinta sekä rakenteiden, materiaalien ja rakenneosien sääsuojaus hoidetaan huolimattomasti tai puutteellisesti. Materiaalien ja suojaamattomien rakenteiden kostuminen nostaa homevaurion riskiä. Suuri syy rakennusajan aiheuttamista kosteusongelmista johtuu siitä, että rakenteet pinnoitetaan liian kosteina. Pinnoituskuivuuden mittausta suoritetaan väärillä menetelmillä tai mittaukset jätetään kokonaan tekemättä. Suuri syy tähän on rakennushankkeen tiukka aikataulu, eikä riittävää kuivumista ”ehditä” odotella. Kuitenkin ennakoimalla ja huolehtimalla riittävän aikaisesta kuivumisen seurannasta ja sen tehostamisesta, voidaan välttää edellä mainittu aikataulusongelma. (RIL 250-2011, 13)

Rakennusaikaisella kosteudenhallinnalla ja -seurannalla voidaan välttää monia kosteudesta johtuvia vaurioita, ja kiinteät kosteusmittausjärjestelmät ovat tässä suurena apuna. (RF SensIT www-sivut 2017)

3.2.5 Käytön ja ylläpidon puutteet

Käyttäjän ylläpito- ja toimintatavat ovat oleellinen osa rakennusten käyttövirheiden ehkäisyä. Usein turhan heikko ja laiska ylläpitotapa altistaa home- ja kosteusongelmien syntyyn. Rakennuksen huoltokirja toimii yleensä yhtenä työkaluna rakennusten ja rakenteiden ylläpidossa ja niiden kunnon seurannassa.

Alimitoitettu ilmanvaihto voi myös useasti aiheuttaa ongelmia, sillä se voi nostaa tilojen kosteutta ja lämpötilaa siinä määrin, että se mahdollistaa olosuhteet homeiden ja rakenteista tulevien epäpuhtauksien esiintymiselle. Lisäksi korvausilman tulo epäpuhtaiden venttiilien tai rakennuksen vaipassa olevien rakojen kautta on erittäin haitallista. (RIL 250-2011, 13-14)

4 KOSTEUDENHALLINTA

Kosteudenseuranta on rakentamisessa erittäin tärkeää, jotta piilossa oleva kosteus voidaan havaita ajoissa ennen rakenteiden vaurioitumista, ja mahdollisimman tehokkaasti ehkäistä ja estää rakennuksen käyttäjille aiheutuvia terveyshaittoja.

Etenkin nykypäivänä on kasvavassa määrin noussut esille rakennusten, etenkin koulujen ja päiväkotien, home- ja kosteusongelmat. Yleensä kosteus ja siitä aiheutuvat ongelmat huomataan vasta rakennusajan jälkeen, kun rakennus on ollut jo jonkin aikaa käytössä. Jatkuvasti kiristyvät energiamääräykset lisäävät osaltaan tarvetta huolellisempaan kosteudenhallintaan ja –seurantaan. Tästä syystä jatkuva kosteudenseuranta onkin suuressa roolissa 2010-luvun rakentamisessa.

Mikrobien synnyn mahdollistavat kosteus, riittävä lämpötila, ravintoaines ja aika. Useimmat näistä ovat rakenteissa kaikesta huolimatta. Vain kosteuteen, jolla on suurin merkitys mikrobikasvuston synnyssä, on käytännössä mahdollista puuttua. Siksi rakenteiden kuivana pysymistä on syytä valvoa jatkuvasti. (RF SensIT kosteusraportti 2017)

4.1 Kosteudenhallinnan tavoitteet

Maankäyttö- ja rakennuslaissa on määritelty rakennusten kosteudenhallintaan liittyvät yleiset vaatimukset lähinnä käyttöturvallisuuteen ja terveellisyyteen liittyvinä perusvaatimuksina. Lain 117. pykälässä sanotaan:

”Rakennuksen tulee sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla täyttää rakenteiden lujuuden ja vakauden, paloturvallisuuden, hygienian, terveyden ja ympäristön, käyttöturvallisuuden, meluntorjunnan sekä energiatalouden ja lämmöneristyksen perusvaatimukset (olennaiset tekniset vaatimukset).” (MRL 132/1999, §117)

Kosteudenhallinnan tavoitteena on yksinkertaisesti estää kosteusvaurioiden synty estämällä ylimääräisen ja vahinkoa aiheuttavan kosteuden muodostuminen rakenteisiin. Kosteudenhallintaan kuuluu kaikista lähteistä peräisin olevan kosteuden hallinta: höyry, vesi, lumi ja jää. (RIL 250-2011, 11)

4.2 Kosteudenhallinnan toteutus

Kosteudenhallinta on yksi tärkeimmistä osista rakentamisen laadussa. Kosteudenhallinta toteutetaan kokonaisvaltaisesti suunnittelun, toteutuksen, käytön ja ylläpidon avulla. (RIL 250-2011, 11)

Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessissa rakennuttaja tai muu rakennushankkeen aloittaja vastaa siitä, että suunnittelun ja toteutuksen osalta kosteudenhallinta on lakien ja määräysten mukainen. Kosteudenhallintaan asetetaan selkeitä laatumääräyksiä ja rakennuttajan tehtävänä on valvoa niiden oikeanlaista toteutumista.

Jotta kosteudenhallinta olisi toimivaa, kuuluu prosessiin kosteusteknisten riskien arviointi laatutavoitteiden ja alustavan riskiarvion perusteella. Näiden pohjalta määritellään hankkeen kosteusriskiluokka, joiden perusteella pystytään kohdistamaan riittävät laadunvarmistustoimenpiteet kriittisiin kohtiin. (RIL 250-2011, 11)

Käytännön osalta tärkein työkalu on kosteudenhallintasuunnitelma, jossa määritellään kosteudenhallintaan liittyvät tavoitteet ja työskentelyn toimintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelmaa käytetään sekä rakentamisen aikana, että suunnittelussa ja sitä täydennetään projektin edetessä. (RIL 250-2011, 11)

Onnistunut kosteudenhallinta ja vaurioiden ehkäisy vaativat aktiivisuutta ja säännöllisiä toimenpiteitä rakennuksen käytössä ja ylläpidossa. Huoltokirja toimii ylläpidon ohjeistuksena sisältäen tarvittavat tarkastus- ja ylläpitotoimet rakennuksen ja rakenteiden toimivuuden varmistamiseksi. (RIL 250-2011, 12)

4.3 Kosteuden mittaus ja seuranta

Kiinteistöön tehtävällä kosteusmittauksella tarkoitetaan rakennuksen sisäilman tai rakenteiden kosteuden mittaamista. Kosteuksia mitataan koko rakennuksen elinkaaren ajan rakennusvaiheesta valmiiseen rakennukseen saakka. Rakennusaikana tehtävillä mittauksilla seurataan kuivumisolosuhteita ja varmistetaan, että rakenteet ovat riittä-

vän kuivia. Rakenteiden kosteuksia on hyvä mitata aika ajoin myös rakennuksen käytön aikana, jotta varmistutaan, että rakenteet eivät ajan kuluessa ole keränneet haitallista kosteutta. (Merikallio, T. 2002, 740)

4.3.1 Mittausmenetelmät

Yleisin mittaustapa betonin kosteuden määrittämiseen on tähän saakka ollut porareikämittaus. Porareikämittauksessa haluttuun syvyyteen porataan reikä, johon asennetaan asennusputki. Reiän annetaan tasaantua noin 3 vuorokautta, jotta varmistetaan porauksen aiheuttaman vaikutuksen poistuminen. Riittävän tasaantumisen jälkeen mittapää asennetaan mittausputkeen ja mittapään annetaan tasaantua yleensä 1...4 tuntia. Tämän jälkeen mittapäähän kiinnitetään näyttölaite, josta luetaan kosteusarvo. (RT 14-10984 2010, 4-5)

Toinen tunnettu, joskaan ei yhtä paljon käytetty, tapa betonin kosteuden määrittämiseen on näytepalamittaus. Mitattavaan rakenteeseen tehdään poraamalla ja/tai piikkaamalla kuoppa (50...100mm) haluttuun syvyyteen. Tältä syvyydeltä otetaan betoni-näyte vähintään kahteen koeputkeen, jotta varmistetaan mittauksen oikeellisuus. Koeputkeen laitetaan välittömästi tiivis mittapää joka mittaa suhteellisen kosteuden. Koeputken annetaan tasaantua 5...12 tuntia. Tasaantumisen jälkeen mittalaite kiinnitetään mittapäähän ja kirjataan saadut kosteusarvot. (RT 14-10984 2010, 7)

4.3.2 Betonin kuivumisen seuranta

Ennen betonirakenteen päällystämistä tulee varmistua siitä, että betoni on riittävän kuivaa. Suurin syy betonin kuivattamiseen ja sen tärkeyteen on päällystettävyyden saavuttaminen. Päällystäminen liian kosteana voi aiheuttaa mikrobivaurioita ja kemiallisia vaurioita sekä päällysteiden irtoamista. Betoni on riittävän kuivaa päällystämiseen, kun sen kosteuspitoisuus (RH %) on päällystemateriaalille sallitun enimmäisarvon alapuolella. Eri päällystemateriaaleille on omat raja-arvonsa, suurimmalla osalla materiaaleista välillä 80...90 %. (By 201 2004, 436)

Alla olevassa taulukossa on koottu *Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet* –kirjan mukaan raja-arvoja eri lattianpinnoitusmateriaaleille. Kaikkiin raja-arvoihin pätee kuitenkin sama ehto: raja-arvo määräytyy viimekädessä pinnoitustuotteen valmistajan ilmoittaman enimmäisarvon mukaan.

Lattianpäällyste		Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A) ¹⁾	Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1...3 cm:n syvyydellä (0,4xA)
Kelluva lautaparketti ja alusmateriaali		85	75
Alustaan liimattava lautaparketti	Normaali betoni 85	85	75
	Erikoisbetoni w<0,5	90	
Laminaatti		85	75
Mosaiikkiparketti	Normaali betoni	85	75
	Erikoisbetoni w<0,5	90	
Muovimatot		85	75
Linoleumi		85	75
Kumimatot		85	75
Tekstiilimatto, tiivis alusta (pvc, kumi, kumilateksisively) tai luonnonmateriaalista tehty		85	75
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta		90	75
Muovi-, kumi- ja linoleumilaatat		90	75
¹⁾ Arviointisyvyys A on rakenteen paksuudesta riippuva kosteusmittausvyvyys. Kahteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa mittaussyvyys on 20 % rakenteen paksuudesta ja yhteen suuntaan kuivuvassa rakenteessa 40 %. Maksimimittaussyvyys on 70 mm.			

Taulukko 1. Betonin kosteuden enimmäisarvot lattian eri pinnoitemateriaaleille. (Betonin www-sivut 2017)

5 KIINTEÄT KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMÄT

Viiden viimeisen vuoden aikana markkinoille on tullut uusia, tekniikkansa puolesta nykyaikaisempia kosteudenmittaus- ja seurantatapoja. Nämä kosteudenseurantajärjestelmät ovat kehitetty rakennuksen ja rakenteiden kunnon jatkuvaan seurantaan sekä rakennusaikana että rakennuksen ylläpidossa. Mittausperiaate poikkeaa täysin aiemmin käytetyistä mittausmenetelmistä, sillä kosteusmittausanturi asennetaan pysyvästi rakenteen sisään. Näiden järjestelmien keskinäinen ero on kosteusarvojen lukemisessa ja tiedon tallentamisessa. Antureiden mittaukseen voidaan käyttää siihen soveltuvaa erillistä mittalaitetta, josta tiedot saadaan siirrettyä ja tallennettua etäpalvelimessä toimivaan tietokantaan, tai ne välittyvät automaattisesti teknologian avulla suoraan etäpalvelimelle, josta tiedot ovat jatkuvasti tarkasteltavissa. (Wiiste Oy [www-sivut 2017](#)) (RF SensIT Oy [www-sivut 2017](#))

Tässä luvussa esitellään lyhyesti kolmen eri toimijan kosteudenmittausjärjestelmiä, joista kahden viimeisen osalta minulla on henkilökohtainen käyttökokemus.

5.1 Vigilan Oy

Vigilan Oy:n Humi 1-anturit ovat märkä- ja teknisiintiloihin kehitetty anturisarja. Yleensä se asennetaan märkätilaan korjausrakennuksen yhteydessä varmistamaan, ettei kaakeleiden alle pääse syntymään piileviä kosteusvaurioita.

Uudempi esivalettu Humi 2-anturisarja on suunnattu enemmän betonivalujen yleiseen rakentamisen aikaiseen kuivumisen seurantaan, sekä käytönaikaiseen kosteusseurantaan. Antureita voidaan käyttää sekä uudis- että korjausrakentamisessa ja ne sopivat niin yksityishenkilöille kuin ammattikäyttöönkin.

Vigilan Oy:n kosteusanturit eroavat kahdesta muusta esiteltävästä järjestelmästä kosteusarvojen mittauksen ja tallennuksen suhteen. Humi –anturien tietoja ei tallenneta erilliselle palvelimelle, vaan yrityksellä on omat mittalaitteet, joilla kosteusarvot mitataan. Humi D-lukulaiteen voi joko ostaa tai vuokrata Vigilan Oy:ltä tai Humi D-lukupalvelun voi myös tilata yrityksen valtuuttamilta tahoilta.

(Vigilan Oy [www-sivut 2017](#)) (Tommila sähköposti 27.4.2017)

5.2 Wiiste Oy

Wiiste Oy:n SolidRH-järjestelmä koostuu langattomista antureista ja lukulaitteesta sekä kosteusmittausten tulosten seurantaan kehitetystä Relia-pilvipalveluohjelmistosta. Jatkuvaan kosteudenseurantaan ja -mittaukseen soveltuvia antureita ovat SH1, SH3 ja SH4 -anturit.

SH1 on betonivaluun asennettava anturi (urakoitsija itse asentaa), joka mittaa suhteellista kosteutta ja lämpötilaa. Anturi jää kokonaan valun sisään, joten niitä ei tarvitse varoa työskentelyssä, eikä pelätä, että ne lähtevät pois paikaltaan. Anturit sijoitetaan yhteen mittauspaikkaan yleensä pareittain, noin 150mm päähän toisistaan, jotta laite tunnistaa molemmat anturit erikseen. Toinen anturi mittaa kosteutta ja lämpötilaa yleensä rakenteen pinnan tuntumasta (väh. 15mm syvyydeltä) ja toinen anturi yleensä $0,4 \times$ betonilaatan paksuus. Eli jos valun paksuus on 80mm, tulee asennussyvyydeksi $0,4 \times 80\text{mm} = 32\text{mm}$. Suurin syvyys mihin anturit voidaan asentaa, on 70mm.

SH3-anturia käytetään ensisijaisesti märkätiloissa vedeneristyksen pitävyyden seurantaan. Anturi asennetaan kovettuneeseen rakenteeseen (betoni, tiili tai harkko) höyrynsulun taakse joko liimaamalla tai nitomalla.

SH4 on johdollinen anturi, jonka avulla voidaan mitata kosteutta esimerkiksi eristetilasta tai muista hankalasti saavutettavista mittauskohteista. Johdon päässä oleva lukupää voidaan kiinnittää piiloon esimerkiksi kattolevyn taakse, josta se on helposti luettavissa. SH1- ja SH3 -antureista mitatut kosteusarvot siirretään mittalaitteesta USB-liittimellä Relia-seurantaohjelmistoon. Tulokset tallentuvat tietokantaan, josta käyttäjä voi seurata niitä omalta päätelaitteeltaan koska tahansa.

(Wiiste Oy [www-sivut](http://www.wiiste.fi) 2017)

5.3 RF SensIT Oy

RF SensIT Oy:n CMM-järjestelmän muodostavat anturimoduulit, tukiasemat, tietokantapalvelin sekä tarvittaessa tietoliikenneyhteys (3G) rakennusajaksi, jos kiinteään verkkoon ei asennushetkellä pystytä liittymään.

Anturimoduulista lähtevät mittapäättimet mittaavat ympäröivän materiaalin lämpötilaa ja suhteellista kosteutta automaattisesti. Anturit voidaan sijoittaa suoraan valuun mittaamaan betonin kosteutta tai esimerkiksi betonilaatan alle, kapillaarikatkon yläosaan. Lisäksi voidaan mitata esimerkiksi tuulettuvia alapohjia ja ullakkotiloja. Maanvastaiset seinät ovat yksi tärkeimpiä mittaushetkiä, ja ne ovatkin usein osoittautuneet kellari-tilojen kosteusongelmien aiheuttajiksi.

Anturimoduulit lähettävät automaattisesti mitatun datan tukiasemalle radiolinkin välityksellä ja sieltä se ohjataan Internetiä pitkin etäpalvelimelle (=seurantaohjelmisto). Seurantaohjelmistoon tallentuneita mittaustuloksia voidaan tarkastella millä tahansa laitteella, joka tukee selainta. Mitään lukulaitetta ei siis mittaustulosten lukemiseen tarvita. Tällä tekniikalla rakenteiden kosteudesta saadaan koko ajan reaaliaikaista tietoa ja kaikki asiaankuuluvat henkilöt voivat tarkastella tietoja omilta laitteiltaan, milloin tahansa. Kun anturit jäävät pysyvästi rakenteen sisään, voidaan sitä hyödyntää rakennuksen ylläpidossa muun muassa seuraamalla käytön aikaista kosteustilannetta ja varmistua siitä, että rakenteet ovat pysyneet kuivina. Tarvittaessa voidaan ryhtyä toimenpiteisiin, jos rakenteet ovat jostain syystä saaneet pysyvää, liiallista kosteutta. (RF SensIT Oy www-sivut 2017) (Eränummi sähköposti 21.5.2017)

6 ESIMERKKIKOHDE PORIN SUOMALAINEN YHTEISLYSEO

Tässä luvussa perehdytään tarkemmin RF SensIT Oy:n CMM-järjestelmään ja esitellään yksityiskohtaisemmin sen toimintaa anturien asennuksesta seurantaohjelmistoon esimerkkikohteen avulla. Tiedot kohteesta sekä CMM-järjestelmästä ja sen toiminnasta perustuvat kohteen rakennuttajan Marko Levolan sekä RF SensIT Oy:n edustajan Hannu Eränummen kanssa käytyihin keskusteluihin ja haastatteluihin, sekä omiin kokemuksiini järjestelmän käytöstä työskennellessäni Porin kaupungin Rakentamisen yksikössä.

Jatkuva kosteudenmittaus- ja seurantajärjestelmä RF SensIT CMM on käytössä Porin Suomalaisessa Yhteislyseossa, joka peruskorjattiin vuosina 2015-2017. Kosteuden seurantajärjestelmä on otettu käyttöön vuonna 2015 aloitetun peruskorjauksen yhteydessä. Porin Suomalainen Yhteislyseo (PSYL) on ensimmäinen kohde Porin kaupungilla, jossa on käytössä RF SensIT CMM-järjestelmä ja -anturit.

PSYL:ssa antureita on kahdessa tilassa: naisten WC:ssä ja oppilaskunnan huoneessa. Osa antureista on asennettu vanhoihin olemassa oleviin betonirakenteisiin jälkikäteen poraamalla (seinäanturit) ja osa uusien pintavalujen yhteydessä suoraan uuteen rakenteeseen (lattia-anturit).

6.1 RF SensIT Oy

RF SensIT Oy on vuonna 2012 perustettu yritys, jonka taustalla on Aalto-yliopiston kanssa yhteistyössä tehty RAILO-tutkimusprojekti, joka aloitettiin vuonna 2008. Yritys perustettiin kaupallistamaan projektissa luotua teknologiaa.

RF SensIT Oy on erikoistunut kiinteistöjen jatkuvaan kosteudenseurantaan sekä rakentamisvaiheessa että käytön aikana. Suurin osa asennetuista järjestelmistä on käytössä julkisissa kiinteistöissä kuten kouluissa, päiväkodeissa ja virastoissa. Yritys on kokonaisvaltaisesti mukana kosteudenseurantaprosessissa, ja hoitaa tarvittaessa suunnittelun, asennuksen, käyttöönoton ja seurannan yhteistyössä eri osapuolien kanssa.

He toimittavat asiakkaalle kaikki seurantaan tarvittavat laitteet ja ohjelmistot, sekä tunnukset kosteustilanteen seuraamiseksi internetin kautta. Tarvittaessa seuranta voidaan ulkoistaa kokonaan asiakkaalta yritykselle. (RF SensIT Oy www-sivut 2017)

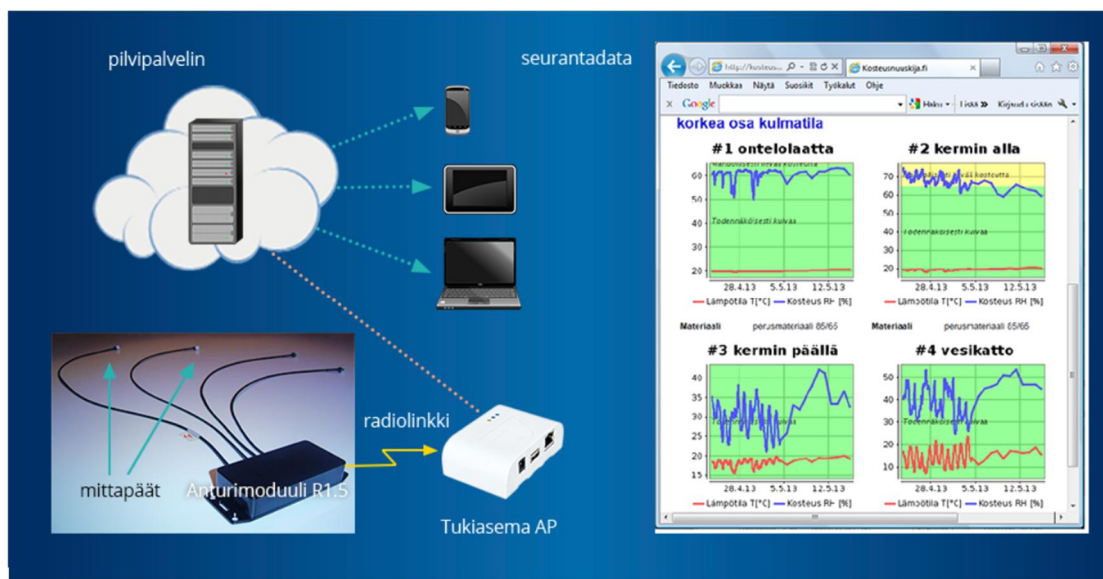
Vanhimmat RF SensIT CMM- järjestelmät ovat olleet käytössä pilottikohteissa vasta vuodesta 2011 ja kaupallisissa kohteissa vuodesta 2013. Tällä hetkellä järjestelmä on käytössä vain Suomessa, mutta RF SensIT Oy:n edustajan Hannu Eränummen mukaan tällaisille järjestelmille olisi tarvetta myös muissa maissa. (Eränummi, haastattelu 18.4.2017)

6.2 CMM -kosteusmittausjärjestelmä

Kuten edellisessä luvussa kerrottiin, CMM-järjestelmä koostuu anturimoduulista, tukiasemasta, tietokantapalvelimesta ja tarvittaessa tietoliikenneyhteydestä (3G) rakensajaksi, jos kiinteää verkkoa ei vielä asennuksen aikana ole tai siihen ei pystytä muusta syystä liittymään.

Yhdessä anturimoduulissa on neljä (4) kosteus- ja lämpötila-anturia, jotka mittaavat ympäröivän materiaalin suhteellista kosteutta ja lämpötilaa. Jokainen mittapää on 8m pituisen mittajohdon päässä. Tämä mahdollistaa anturien sijoittelun useisiin eri paikkoihin ja rakenteisiin (esim. seinät ja lattiat) yhdessä huoneessa. Anturimoduulin itse lähetinosa toimii erikoisparistoilla, joissa on normaalia suurempi jännite, ja joiden käyttöajaksi valmistaja on antanut noin 10 vuotta. Lähetin asennetaan rakenteiden pinnalle tai rasiaan, jotta paristot ovat helposti vaihdettavissa. Yhteen tukiasemaan saa liitettyä useampia anturimoduuleita, ja usein tukiasema sijoitetaan esimerkiksi alakattotilaan, jotta lähetinyksikön ja tukiaseman välinen yhteys olisi mahdollisimman hyvä. Anturimoduuli lähettää automaattisesti dataa tukiasemalle radiolinkin välityksellä kerran vuorokaudessa (ensimmäisen vuoden ajan kerran tunnissa). Tukiasemalta tieto ohjataan internetin kautta etäpalvelimelle, josta mittaustuloksia voidaan tarkastella milloin tahansa selainta tukevalta päätelaitteelta, milloin tahansa. Mitään erillistä mittaustoimenpidettä tai -laitetta ei siis tarvita, vaan järjestelmä hoitaa tämän automaattisesti reaaliajassa. (RF SensIT Oy www-sivut 2017)

Anturien tai anturimoduulien arvellulle käyttöiälle ei ole tehty oletuksia eikä anturien valmistaja ole myöskään ilmoittanut arvioita siitä, kuinka kauan anturien oletetaan toimivan moitteetta. Tarkoitus kuitenkin on, että järjestelmää pystytään hyödyntämään kiinteistöjen ylläpidossa koko niiden elinkaaren ajan. (Eränummi haastattelu 18.4.2017)



Kuva 3. RF SensIT Oy:n kaupallistaman CMM-järjestelmän toimintaperiaate. (RF SensIT Oy, www-sivut 2017)

6.3 Asennus – anturimoduuli ja tukiasema

Ennen asennusta kohteeseen on tehty suunnitelma anturien paikoista, sekä sähkösuunnitelmat tukiaseman vaatiman pistorasian ja datarasian (RJ45) osalta. Suunnittelun hoitaa yleensä tilaaja, mutta se voidaan myös toteuttaa yhteistyössä RF SensIT Oy:n kanssa. Tukiasemien paikat ovat RF SensITin suunnitelmien pohjalta. He myös hoitavat kokonaisvaltaisesti järjestelmän asennukset, lukuun ottamatta tilaajan hankintaan kuuluvaa pistorasioiden ja datayhteyksien rakentamista. Järjestelmä on käyttövalmis heti laitteiden kytkemisen jälkeen. (Eränummi haastattelu 18.4.2017)



Kuva 4. Anturi #2 Porin Suomalaisen Yhteislyseon naisten WC:n lattiassa ennen valua
(kuva RF SensIT Oy)



Kuva 5. Anturimoduuli asennettuna PSYL:n naisten WC:n alakattolevyjen taakse.

Anturimoduulien ja tukiasemien paikat on merkitty alakattolistaan, jotta niiden sijainti on helppo paikantaa esimerkiksi paristojen vaihdon yhteydessä tai muuta huoltotoimenpidettä suorittaessa.



Kuva 6. Anturimoduulin paikka merkittynä kaapelikouruun oppilaskunnan huoneessa.



Kuva 7. Tukiasema naisten WC:n katon välitilassa. Paikka merkitty alakattolistaan.

Liitteessä 1 on kuvattu PSYL:n tiloihin tehty anturointisuunnitelma, jonka pohjalta anturien paikat ja tukiasemien sijainti on asennuksessa toteutettu.

6.4 Mittausjärjestelmän seurantaohjelmisto

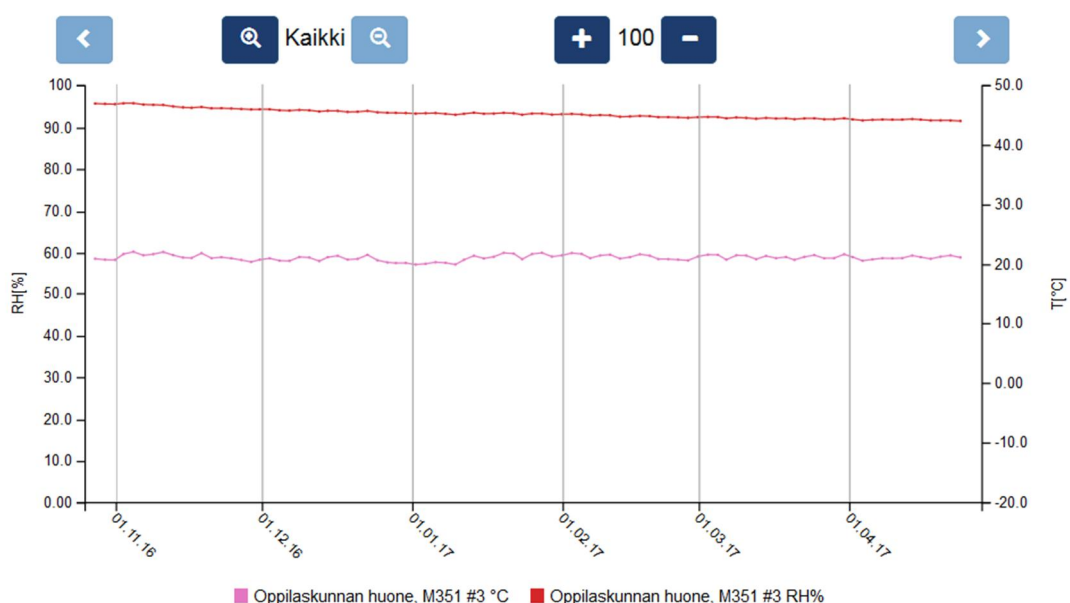
Seurantaohjelmisto on pilvipalveluna verkossa toimiva kosteudenseurantaohjelma, johon päivittyy automaattisesti reaaliaikaista mittausdataa kerran tunnissa tai kerran vuorokaudessa, ja joka on tarkasteltavissa milloin tahansa. Tietokantaan tilaaja saa omat tunnuksensa asennuksen yhteydessä. Ohjelma antaa tiedot suhteellisesta kosteudesta, lämpötilasta ja absoluuttisesta vesimäärästä. RF SensIT Oy:n mukaan tulossa on myös paine-eron mittaus. Tietokantaan voidaan antaa kosteuden ja lämpötilan raja-arvoja, joiden ylityksestä tai alituksesta lähtee hälytys-ilmoitus tilaajalle tai muulle tilaajan määrittämälle taholle. Tarvittaessa tieto voidaan ohjata myös RF SensIT:lle. Näin saadaan heti ilmoitus liiallisesta kosteuspitoisuuden noususta ja voidaan tarvittaessa ryhtyä viipymättä jatkotoimenpiteisiin.

6.5 Rakennus-/korjaustyön aikainen käyttö

Porin Suomalaisen Yhteislyseon korjaustyön aikana järjestelmää ei juuri hyödynnetty kosteuksien seurantaan, vaan betonin pinnoituskuivuuden varmistukseen kohteessa tehtiin erillinen porareikämittaus. Osittain johtuen mahdollisesti siitä, että kyseinen CMM-järjestelmä oli tilaajalle täysin uusi eikä järjestelmästä ollut tarpeeksi tietoa, jotta siitä olisi saatu irti kaikki mahdollinen. Järjestelmän hyödyt korostuvatkin käytön aikaisessa kosteudenseurannassa ja rakennuksen ylläpidossa.

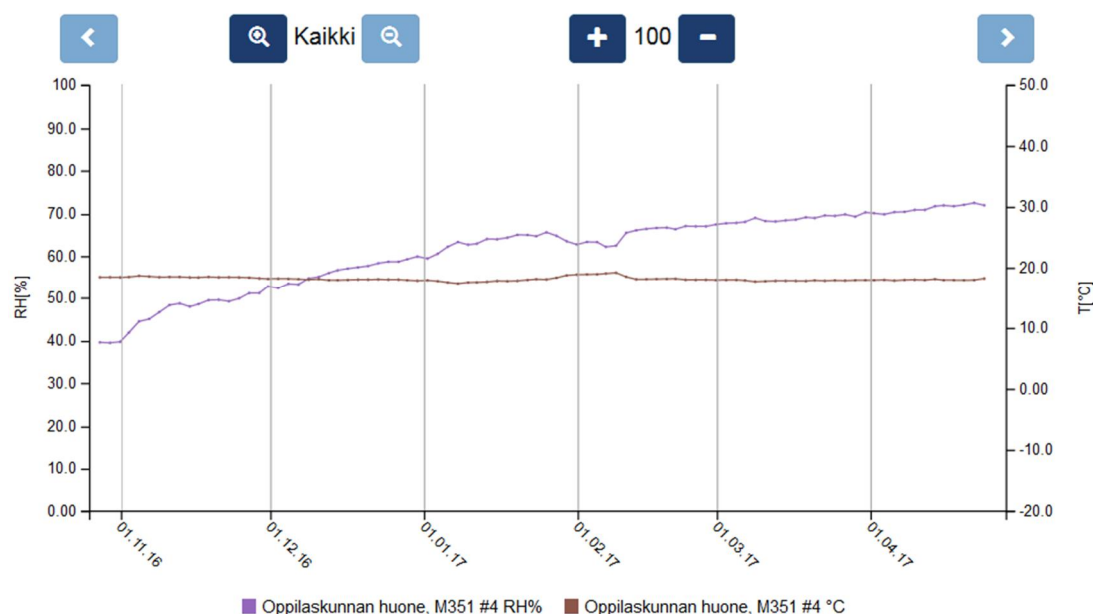
6.6 Kohteen esimerkkikuvaajat seurantaohjelmistosta

Anturi #3 on asennettu lattialaatan alle kapillaarikerroksen yläosaan. Anturi #4 on lattiavalussa, noin 30mm syvyydellä valun pinnasta. Alla olevat kuvaajat havainnollistavat Porin Suomalaisen Yhteislyseon oppilaskunnan huoneessa olevien mittausantureiden kosteusarvoja.



Kuvaaja 1. Porin Suomalaisen Yhteislyseon oppilaskunnan huoneeseen asennetun anturin numero #3 suhteellisen kosteuden ja lämpötilan kuvaaja. (RF SensIT raportti 25.3.2017)

Alla oleva kuvaaja havainnollistaa oppilaskunnan huoneen anturin #4 kosteusarvoja. Käyrä on ollut lievästi nousujohteinen, mutta viime päivinä lähtenyt taas laskemaan. Muutoksia seurataan säännöllisesti.



Kuvaaja 2. Oppilaskunnan huoneen anturi numero #4:n lämpötila- kosteuskuvaaja. (RF SensIT raportti 25.3.2017)

6.7 Järjestelmän luotettavuus

Osassa kohteista on tehty vertailevia porareikä- ja koepalamittauksia. Kiinteiden antureiden antamat mittaustulokset olivat hieman korkeampia kuin vertailumittausten vastaavat arvot. Luotettavuuden parantamiseksi tehdään koko ajan tutkimus- ja kehitystyötä. Mittaustarkkuuden mahdollinen heikentyminen ajan kuluessa on huomioitu valmistajan antaman antureille määrätyn mittaustulosten aleneman perusteella. Tämä voidaan huomioida mittaustuloksissa. Antureita pystytään tarvittaessa myös kalibroimaan vertailevien mittausten avulla, riippuen anturin sijainnista. Ylläpidon aikaisella, pitkän aikavälin seurannassa muutos tai poikkeama mittauskäyrässä on kuitenkin merkityksellisempi kuin yksittäinen mittaustulokse. Muutosten analysoinnilla pystytään havaitsemaan mahdollinen ongelma. (Eränummi haastattelu 18.4.2017)

7 KIINTEIDEN KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMIEN MAHDOLLISET ONGELMAT JA RISKIT

Mittausjärjestelmissä (etenkin uusissa) ja niiden käytössä on aina joitakin seikkoja, jotka herättävät kysymyksiä ja vaativat tarkempaa huomiota niin suunnittelussa kuin käytössäkin. Seuraavat asiat ovat nousseet esille omakohtaisten kokemusteni perusteella, eikä niille ole osoitettu asiantuntijatahojen puolelta minkäänlaista faktatietoa.

7.1 Yleiset epävarmuustekijät

Wiiste Oy:n anturit ovat erillisellä mittauslaitteella luettavia mittauspisteitä. Kosteusarvot mitataan viemällä mittalaite anturin päälle. Siksi anturien paikkojen suunnittelu onkin syytä tehdä huolella, jotta anturi ei jää tulevien rakenteiden tai kalusteiden alle piiloon, jolloin mittausta ei pystytä suorittamaan, eikä anturista ole silloin mitään hyötyä enää rakennusajan jälkeen. Anturien jäädessä ”avoimelle” paikalle, niitä voidaan hyödyntää kosteudenseurantaan myös rakennusajan jälkeen kiinteistön ylläpidossa.

Tärkeää asennuksen suunnittelussa on anturien oikea sijoittelu. Koska ei voida olettaa, että betoni kuivuu joka paikasta yhtä nopeasti, tulee antureita sijoittaa tasaisesti rakenteen eri osiin ja mielellään myös putkiläpivientien läheisyyteen. Näin varmistetaan koko betonirakenteen (esim. lattia) riittävä kuivuminen.

7.2 Tekniset viat

Koska kiinteät kosteusmittausjärjestelmät perustuvat osittain tai kokonaan elektroniikkaan, on erittäin mahdollista, että niissä esiintyy käyttäjästä riippumatta erilaisia häiriöitä ja vikoja.

Wiisteen yksittäisiin antureihin liittyvät häiriöt johtuvat yleensä huolimattomasta tai osaamattomasta asennuksesta. Tällöin anturi yleensä näyttää pysyvästi liian korkeaa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta tai ei anna minkäänlaisia mittaustuloksia. Hajonnutta anturia ei voida enää valun kuivumisen jälkeen vaihtaa uuteen, joten anturi jää

toimimattomana rakenteeseen. Anturissa voi olla jo valmistuksen aikana tullut vika tai vika on voinut aiheutua sen huolimattomasta käsittelystä ennen asennusta.

RF SensIT:n järjestelmässä alttiita toimintahäiriöille ovat sekä mittapäättimet että anturi-moduuli. Yksittäistä mittapäättimä ei pystytä korjaamaan, mutta sen voi tarvittaessa vaihtaa kokonaan uuteen, mikäli se on tilan puolesta mahdollista. Anturimoduuli toimii paristoilla, joten paristojen vaihto (n. 10 vuoden oletettu toiminta-aika) lienee suurin ”huoltotoimenpide” joka moduuliin tarvitsee tehdä. Paristokäyttöinen laite on aina riskialtis ja paristojen ennenaikainen tyhjeneminen (alle 10v.) on hyvin mahdollista. Moduuli asennetaan siksi rakenteen pintaan, jotta paristojen vaihto on mahdollinen. Moduulin muutoin rikkoutuessa se pystytään myös vaihtamaan uuteen.

CMM-järjestelmässä olevien tukiasemien mahdolliset toiminnan häiriöt johtuvat lähes aina kiinteistön dataverkon kaatumisesta tai kiinteistön käyttäjästä aiheutuvan datajohdon irtoamisesta. Itse tukiasemissa harvoin ilmenee erityisiä vikoja.

Wiisteen ja RF SensIT:n seurantaohjelmistot ovat etäpalvelimessä ja ne perustuvatkin puhtaasti tekniikkaan. Seurantaohjelmistoissa voi siis ilmetä kaikkia samoja ongelmia kuin missä tahansa datajärjestelmissä, eikä niihin pystytä ennalta varautumaan. Tällaiset tilanteet ovat kuitenkin melko harvinaisia.

Vaikka järjestelmissä ja niiden osissa voikin ilmetä erilaisia häiriöitä, ovat ne kuitenkin suhteellisen huoltovapaita ja luotettavia. Järjestelmiin kuuluvien osien ja laitteiden hajoamiset tai muut viat ovat hyvin satunnaisia ja melko epätodennäköisiä.

8 KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUKSEN YLLÄPIDOSSA

Kiinteiden kosteusmittausjärjestelmien avulla pystytään seuraamaan rakenteiden kosteutta koko rakennuksen käyttöajan ajan. Yleensä kosteus havaitaan vasta, kun rakennus on ollut käytössä jo jonkin aikaa. Rakenteiden sisällä olevaa kosteutta ei välttämättä pystytä havaitsemaan silmämääräisesti, joten kosteusvaurion vaaraa ei osata edes epäillä. Järjestelmät mahdollistavat sen, että reaaliaikainen tieto kosteudesta on jatkuvasti saatavilla, jolloin ei jouduta arpomaan onko kosteutta vai ei. Myöskään turhia odotusaikoja ei mittaamisesta synny (vrt. porareikämittaus).

8.1 Vuotokohtien havaitseminen

Kiinteiden kosteusmittausjärjestelmien avulla pystytään havaitsemaan rakenteiden sisällä oleva kosteus heti, kun kosteutta on päässyt rakenteeseen. Esimerkiksi putkivuotojen paikallistaminen on helpompaa ja mahdollinen korjausajankohta voidaan määrittää sopivaan ajankohtaan heti vuodon ilmenemisen jälkeen. (RF SensIT Oy [www-sivut](#) 2017) Myös ulkoapäin tullut tai muualta rakenteisiin levinnyt haitallinen kosteus pystytään havaitsemaan säännöllisen kosteudenseurannan avulla. Näin rakenteiden sisään ei pääse kertymään päällepäin huomaamatonta ylimääräistä kosteutta, joka voi johtaa muun muassa rakenteiden vioittumiseen ja pintamateriaalien vaurioitumiseen tai hajoamiseen.

8.2 Terveyshaittojen ehkäisy

Pitkän aikaa vallinnut kosteus ja otollinen lämpötila yhdessä mahdollistavat myös home- ja mikrobikasvuston synnyn, joka voi aiheuttaa rakennuksen käyttäjille lukuisia eri terveyshaittoja ja oireilua. Tällaisia voi olla muun muassa silmien, hengitysteiden ja limakalvojen ärsytysoireet, iho-oireet kuten punoitus ja kutina, sekä päänsärky, pahoinvointi, huimaus ja väsymys. (Sisäilmayhdistys [www-sivut](#) 2017) Kaikki nämä, ja monet muut mahdolliset oireet on mahdollista välttää puuttumalla liialliseen kosteu-

teen heti, kun se havaitaan. Tällöin kosteus ei ole vielä päässyt vaurioittamaan rakenteita liikaa, eikä niihin ole ehtinyt muodostua terveydelle haitallista home- tai mikrobikasvustoa.

Varsinkin korjauskohteissa on mahdollista, että tieto aiemmasta kosteus- tai homevauriosta saa epäilemään uusiutunutta vauriota jo korjatussa rakennuksessa. Lisäksi hurjasti kasvaneet homeongelmat ovat saaneet ihmiset varpailleen, ja ehkä tahattomastikin epäilemään kosteusvauriota uudessakin rakennuksessa. Kiinteiden kosteusmittausjärjestelmien avulla ei tarvitse arpoa onko haitallista kosteutta kertynyt vai ei. Järjestelmät eivät vain paljasta piilevää kosteutta, vaan osoittavat myös, että rakenne voi olla täysin kuiva ja terveellinen. Tällä voidaan todistaa, että sisäilmaston laatu on hyvä ja työympäristö terveellinen.

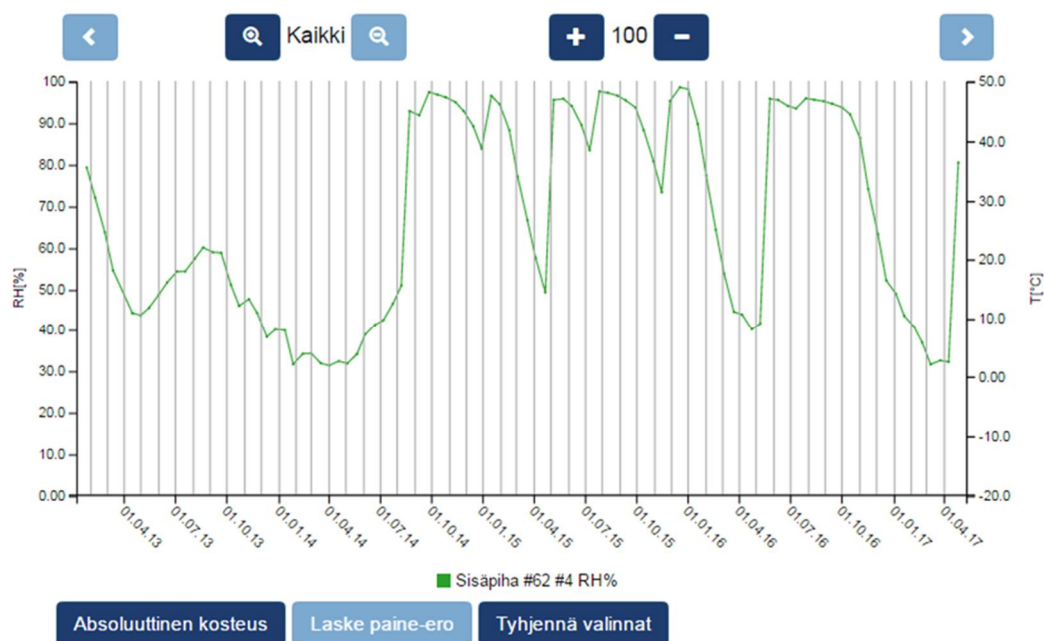
8.3 Käyttötapojen muutos ja tekniikan oikeanlaiset säädöt

Mittaustulosten mukaan voidaan mitoittaa ja säätää ilmanvaihto ja lämmitys toimimaan oikein kiinteistön vaatimalla tavalla. Alimitoitettu ilmanvaihto voi aiheuttaa ongelmia, sillä se saattaa nostaa tilojen lämpötilaa ja kosteutta siinä määrin, että se mahdollistaa homeiden ja rakenteista tulevien epäpuhtauksien esiintymisen. (RIL 250-2011, 14)

Järjestelmät voivat myös paljastaa kiinteistön käyttäjän väärät käyttötavat. Tieto väärästä käyttötavasta saa mahdollisesti pohtimaan omia käyttötottumuksia ja näin ollen vähentämään käyttäjältä tulevaa kosteuskuormaa.

Esimerkiksi RF SensIT Oy:n kosteudenseurantajärjestelmä paljasti eräässä kohteessa, kuinka painepesurin jokakeväinen käyttö aiheutti veden joutumisen rakenteiden sisälle. Tämä havaittiin, kun seurantakäyrässä oli äkillinen nousu aina huhti-toukokuun tienoilla. Muutokset käyrässä eivät yksinään indikoi kosteusvauriota, vaan muutosten seurannalla ja analysoinnilla voidaan paljastaa mahdolliset ongelmat rakenteissa. (Eränummi haastattelu 18.4.2017)

Alla on ko. kohteen kuvaaja viimeisen neljän vuoden ajalta.



Kuvaaja 3. Painepesurilla pesun aiheuttama äkillinen muutos kosteuskäyrässä. (Eränummi sähköposti 25.4.2017)

8.4 Säästöt sekä käyttäjien terveydentilassa että kustannuksissa

Kaikki edellä mainitut seikat tuovat osaltaan kustannussäästöjä. Home- ja kosteusongelman rakennuksen korjaustyö on ensinnäkin erittäin kallista. Lisäksi ei voida olla varmoja, että korjaustyö varmasti poistaa ongelmien aiheuttajan (lahottaja- ja sädesienet yms.). Lopussa saatetaankin olla tilanteessa, jossa kalliilla tehty korjaustyö auttaa vain hetken, kunnes koko rakennus päätetään purkaa.

Jopa täysin uusia kiinteistöjä on jouduttu korjaamaan tai purkamaan vain muutaman vuoden käytön jälkeen. Kiinteillä kosteusmittausjärjestelmillä voidaan estää jo rakennusvaiheessa mahdollisesti kytevät kosteusongelmat, ja näin ollen ennaltaehkäistä myöhempiä kosteuden aiheuttamia vaurioita.

Käyttäjien sisäilmaongelmien vuoksi oireilu käy kalliiksi sekä käyttäjälle itselleen että yhteiskunnalle. Useille käyttäjille sisäilmaongelmat ovat maksaneet terveyden ja työ- tai opiskelupaikan. Lääkärillä käynti ja erilaiset terveydelliset tutkimukset ja selvitykset maksavat, eikä suurta osaa oireista vielä välttämättä edes tunnusteta tai tunnisteta

kosteusongelmien aiheuttajiksi. Näitä tapauksia pyritään ehkäisemään jatkuvalla kosteudenseurannalla.

8.5 Lopuksi

Rakennuksen kunnossapito, säännöllinen kosteudenmittaus ja –seuranta, sekä ennaltaehkäisevä toiminta mahdollistavat rakennuksen suunnitellun käyttöiän saavuttamisen. Rakennuksia ei jouduta purkamaan käyttökelvottomina tai korjaamaan suurella rahalla vain joitakin vuosia valmistumisen tai edellisen korjaustyön jälkeen.

RF SensIT:n kautta voidaan erillisenä palveluna saada myös esimerkiksi pidempiaikaisen datan analysoinnin, sekä kosteusvaurio- ja homeindeksi-simuloinnin. Tällä voidaan ”määritellä määrätyissä olosuhteissa tapahtuvat muutokset ja niiden aika-arvio rakenteissa ja materiaaleissa jopa homeen ilmenemiseen asti.” (Eränummi sähköposti 25.4.2017)

Kaikki tekniikka kehittyy edelleen koko ajan ja sitä mukaa myös kosteudenseuranta-järjestelmiä voidaan tulevaisuudessa kehittää eteenpäin. Kehitysmahdollisuudet ovat käytännössä rajattomat.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kiinteiden kosteusmittausjärjestelmien hyödyntämismahdollisuuksia rakennuksen ylläpidossa. Työssä esiteltiin kolme kiinteästi rakenteeseen asennettavaa kosteusmittaus- ja seurantajärjestelmää. Tarkemmin kerrottiin Porin kaupungin kohteissa käytössä olevista järjestelmistä: Wiiste Oy:n Solid RH-järjestelmästä sekä RF SensIT Oy:n CMM-järjestelmästä.

Järjestelmät ovat tarkoitettu sekä rakennusaikaiseen kosteudenmittaukseen, että kosteudenseurantaan rakennuksen kunnossapidossa. Rakenteiden sisällä olevaa piilevää kosteutta on vaikea havaita silmämääräisesti ennen suuremman vaurion syntymistä. Työssä esitellyt mittausjärjestelmät ovat kehitetty juuri tätä ongelmaa poistamaan.

Kiinteät kosteusmittausjärjestelmät palvelevat rakennusaikaista kosteudenseurantaa, helpottaen huomattavasti kosteusmittausten tekemistä (tai niiden seuranta) ja edistämien onnistunutta kosteudenhallintaa. Järjestelmät auttavat mahdollisten vuotokohtien havaitsemisessa ja paikallistamisessa sekä esimerkiksi korjaustyön ajankohdan suunnittelussa. Kosteuden säännöllisellä mittauksella ja seurannalla voidaan ehkäistä homeja kosteusvaurioita ja niistä aiheutuvia terveyshaittoja rakennuksen käyttäjille. Järjestelmät tuovat säästöjä muun muassa kaupungeille, joiden pussista julkisten rakennusten kuten päiväkotien, koulujen ja virastojen korjauskustannukset maksetaan. Lisäksi mittausten seurannalla pystytään ehkäisemään vääriä käyttötapoja, joilla käyttäjä saattaa tietämättään aiheuttaa rakennukselle ja rakenteille turhaa kosteusrasitusta.

Wiiste Oy:n järjestelmän etuna on mittalaite, joka toimii kaikkien Wiisteen Solid RH-antureiden kanssa. Sekä anturit että mittalaite ovat langattomat, joten sähköasennuksia tai muita erikoisasennuksia ei tarvita. Lisäksi samaa mittalaitetta voidaan käyttää kaikkien eri kohteiden kosteudenmittaukseen, joissa Solid RH-antureita on.

RF SensIT Oy:n järjestelmä puolestaan toimii hyvin esimerkiksi suuressa kohteessa, jossa on suuri pinta-ala ja jossa mitattavia pisteitä on paljon (useita kymmeniä). RF SensIT:n CMM-järjestelmä on automaattinen, eli mittauksia ei tarvitse käydä erikseen tekemässä, vaan sähköiset anturit lähettävät tukiaseman kautta datan seurantaohjel-

mistoon. Näin mittauksia ei myöskään tarvitse erikseen muistaa tehdä, vaan seurantaohjelmisto lähettää automaattisesti ilmoituksen, jos syötetyt raja-arvot lämpötilalle ja kosteudelle ylittyvät tai alittuvat.

Rakennuksen käytönaikainen kosteudenseuranta voidaan antaa esimerkiksi kiinteistönhoidon tehtäväksi. Hoitaapa ylläpitoa kuka tahansa, on tärkeää, että siitä vastuussa oleva taho ymmärtää ja osaa tulkita seurantaohjelmistoista saatavaa tietoa oikein. Kokemattoman tai asiasta riittämättömästi tietävän voi olla vaikea eritellä, mikä tieto on relevanttia ja mikä ei. Tällaisessa tilanteessa järjestelmistä voi jopa olla enemmän haittaa kuin hyötyä rakennuksen ylläpidossa. Kosteusmittausjärjestelmillä ei kuitenkaan haluta luoda turhia epäilyksiä tai virheanalyysyjä rakennuksen kosteustilanteesta osamattomalla tulosten tulkinnalla. Järjestelmät ovat kehitetty nimenomaan siksi, että säännöllisellä kosteudenseurannalla voidaan luoda käyttäjälle turvallisempi olo, kun tiedetään faktat rakennuksen kosteustilanteesta.

Tulevaisuudessa tällaisille järjestelmille on varmasti monia kehitysmahdollisuuksia ja mahdollisesti voidaan saada vieläkin luotettavampia mittaustuloksia. Kiinteät kosteusmittausjärjestelmät ovat nykypäivää ja yleistyneiden kosteusongelmien takia niiden käyttö tulee varmasti yleistymään lähitulevaisuudessa.

LÄHTEET

Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. Rakennustieto Oy. 1997.

By 201 Betoniteknikan oppikirja. 2004. Suomen Betoniyhdistys ry.

Eränummi, H. RF SensIT Oy. Haastattelu 18.4.2017.

Eränummi, H. RF SensIT Oy. Vastaanottaja: santra.vayrynen@pori.fi. Lähetetty 25.4.2018 klo 14.56. Viitattu 29.4.2017.

Eränummi, H. RF SensIT Oy. Vastaanottaja: santra.vayrynen@pori.fi. Lähetetty 21.5.2017 klo 20.38. Viitattu 21.5.2017.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 5.2.1999/132

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Jyväskylä. Suomen Betonitieto Oy. Betonikeskus 2002. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s740.pdf>

Merikallio, T., Niemi, S., Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Betonikeskus ry. Suomen Betonitieto Oy. 2007.

Merikallio, T. 2007. Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet. Betonikeskus ry. Suomen Betonitieto Oy. 2007.

Merikallio, T. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. TKK Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Väitöskirja.

RF SensIT CMM –järjestelmän raportti. Viitattu 14.5.2017. <http://kosteusnuus-kija.tietojarjestelma.com/enter.action> (raportin pääsee näkemään vain kohteen tilaaja, jolla on tunnukset seurantajärjestelmään)

RF SensIT Oy:n www-sivut. 2017. Viitattu 15.4.2017. <http://rfsensit.fi/>

RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. 2011. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. 2010. Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 2015. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy. Helsinki. 2015.

Sisäilmayhdistys ry:n www-sivut. 2017. Viitattu 13.5.2017 ja 21.5.2017.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.

Suomen RakMK C2. 1998. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.

Terveysuojelulaki 1994. 19.8.1994/763.

Tommila, E. Vigilan Oy. Vastaanottaja: santra.vayrynen@pori.fi. Lähetetty 27.4.2017 klo 19.33. Viitattu 27.4.2017.

Vigilan Oy www-sivut. 2017. Viitattu 27.4.2017.

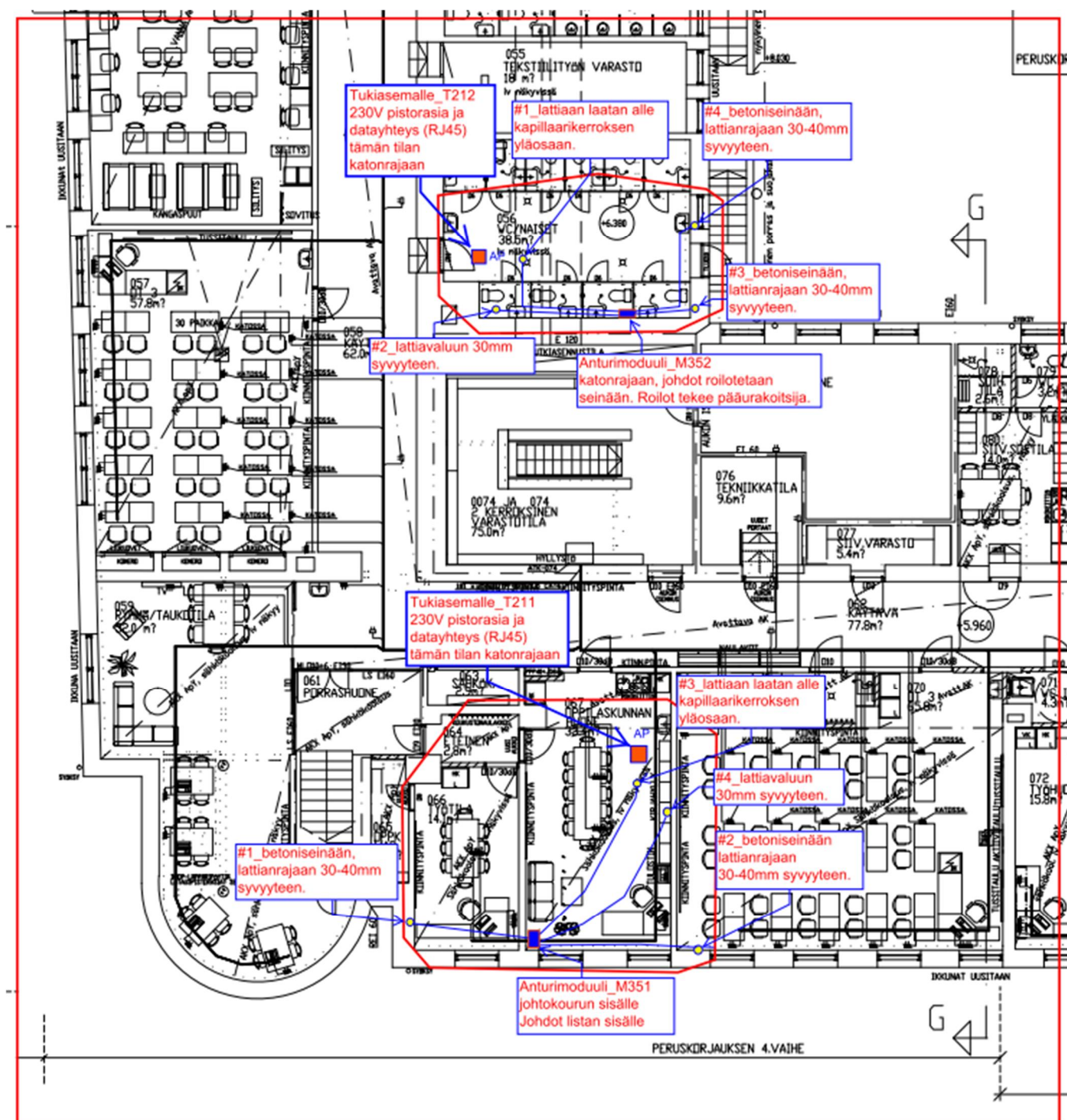
Wiiste Oy www-sivut. 2017. Viitattu 21.5.2017.

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 2015. 216/2015.

LIITELUETTELO

Liite 1. Anturointisuunnitelma PSYL (RF SensIT Oy).

Liite 2. Sisältää tilaajan luottamuksellista materiaalia, 4 sivua



(RF SensIT Oy:n tekemä anturointisuunnitelma)